昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，June 2006，49(3)：454－460 ISSN 0454-6296

管氏肿腿蜂对黄粉甲的寄生行为

贺　凯[1]，徐志强[1*]，代平礼[2]

（1.中国农业大学昆虫学系，北京 100094；2.中国农业科学院蜜蜂研究所，北京 100093）

摘要：在人工扩繁条件下观察管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* 对中间寄主黄粉甲 *Tenebrio molitor* 的寄生行为，其过程可分为：搜寻－识别－螫刺－清理和取食－产卵－护幼。雌蜂在寄生黄粉甲蛹时上蜂速度和螫刺率变异大，上蜂前时间为 1.4～7.0 天，螫刺率为 8.7%～91.7%，影响两者的因素包括：雌蜂的交配状况、寄主状况及繁育温度等。蜂毒螫入寄主后可使其组织不腐烂而适于被寄生，被螫刺后的蛹可表现为“保鲜”状态，平均‘保鲜’时间为 12.6 天。蜂在蛹体的平均产卵量为 30 粒，最多为 91 粒。蜂卵在蛹体上分布合理，有利于幼虫有效利用寄主营养并避免拥挤和取食竞争。母蜂对幼虫期的发育具保护行为，包括护卵和保护幼虫正常发育并能搬运老熟幼虫集中结茧化蛹。

关键词：管氏肿腿蜂；黄粉甲；中间寄主；寄生行为；母蜂护幼

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2006)03-0454-07

The parasitizing behavior of *Scleroderma guani* Xiao *et* Wu (Hymenoptera: Bethylidae) wasps on *Tenebrio molitor* pupae

HE Kai[1], XU Zhi-Qiang[1*], DAI Ping-Li[2] (1. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Bee Science Research Unit, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: The parasitizing behavior of the bathyluid *Scleroderma guani* on the pupa of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus was investigated in the laboratory. The parasitism process was divided into six stages, *i*. *e*. assembling, recognition, stinging, clearing and feeding, oviposition and protecting protelean bathylid. The recognition and stinging of the female bathylid to the pupa have much difference between female individuals. The time before stinging the host is 1.4－7.0 d, and the rate of the stinging is 8.7%－91.7%. The influence factors on the recognition and stinging rate included the female mating, host freshness and temperature. The stinging could keep the host alive and fresh, and made them suitable to be parasitized by the bathylid. On the average, the pupa of yellow mealworm was kept fresh for 12.6 days after being stinged. The average number of laying eggs for the *S*. *guani* is 30, and the biggest is 91. The eggs in the pupa body were evenly distributed, and this to facilitated the use of host nutrition by larvae of the bathylid. The female showed the behavior of protecting protelean bathylid, including protecting eggs and mustering old larvae.

Key words: *Scleroderma guani*; *Tenebrio molitor*; interim host; parasitizing behavior; protecting protelean bathylid

管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* Xiao *et* Wu 具有发育周期短、适应性强、寄主谱广、搜索寄主能力强等特点，是一种防治林木钻蛀性害虫的理想天敌，具有重要的生防利用价值(陈君和程惠珍，2000)。利用自然寄主来繁育管氏肿腿蜂效果较好，但寄主采集难度大，且能够收集到的数量十分有限，亦难较长时间保存供商品化繁蜂用。本研究室已筛选出一种较理想的中间寄主——黄粉甲 *Tenebrio molitor* Linnaeus 可供人工大量扩繁(田慎鹏和徐志强，2003a)。本文通过管氏肿腿蜂对黄粉甲蛹寄生行为

作者简介：贺凯，男，1978 年生，河南驻马店人，硕士研究生，主要从事害虫生物防治方面的研究，E-mail：hkkhh@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：xuzhqkm@eyou.com

收稿日期 Received：2005-10-10；接受日期 Accepted：2006-01-04

及其影响因素的研究，探索其寄生规律及对各影响因素的调控方式，以期在人工扩繁过程加以利用，为工厂化繁育管氏肿腿蜂技术提供基础资料。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

管氏肿腿蜂种蜂由北京地区野外剖木获得后经本实验室饲养繁殖。供试寄主为本实验室饲养的黄粉甲蛹。

1.2　寄生行为观察

在指形管（10 mm × 50 mm）内装入 1 头刚化蛹的黄粉甲蛹后接入 2 头已交配过的管氏肿腿蜂雌蜂，用脱脂棉塞封口，共接蜂 200 管。接蜂后置 HPG-280B 型光照培养箱（26℃，RH 60% ~ 70%）繁育。在寄生过程的各个阶段用桂光牌 XTB-A 型体视显微镜观察寄生行为，并用数码相机拍摄寄生过程供分析寄生行为。

1.3　蜂毒对寄生的影响

将刚化蛹的黄粉甲蛹做如下处理：让雌蜂螫刺；用消毒后的解剖针针尖在蛹体节间处针刺 1 次，深约 2 mm；未针刺也未让雌蜂螫刺。每个处理 30 头蛹，分别装入同上规格的指形管中。繁育条件同前述。每天上午定时观察 1 次以统计羽化、腐烂和发育停滞的蛹数量，发育停滞的蛹可以根据蛹体的颜色、质地来判断，发育停滞的蛹体颜色和原来相比没有发生大的变化，只是表面变干，颜色比刚羽化时稍深，蛹体依然饱满，没有干瘪。

1.4　影响上蜂速度的因素

上蜂指自接入雌蜂后至经蜂螫刺使寄主完全麻痹的过程，标志着管氏肿腿蜂对该种寄主的确认和接受。上蜂时间即指完成这一过程所需的时间。螫刺率指寄主被雌蜂螫刺过的百分率。从雌蜂及寄主的状况和繁育温度 3 方面考虑，设置不同的处理，每个处理接蜂 30 管。繁育条件同前述。在体视显微镜下观察并记录上蜂速度和统计螫刺率。

1.4.1　雌蜂交配情况对上蜂的影响：取 1 头管氏肿腿蜂的茧单独装入指形管，待羽化出雌蜂后做如下处理：每管内再放入 1 头黄粉甲蛹；每管内再放入 1 头管氏肿腿蜂雄蜂和 1 头黄粉甲蛹。每个处理 30 管。

1.4.2　寄主保藏状况对上蜂速度的影响：分别以不同处理的黄粉甲蛹为寄主进行蜂的寄生实验。有以下几个处理：刚孵化的蛹；室温（24℃）下保藏了 1、2 和 5 天的蛹；在 4℃下保藏了 1、2、5 和 10 天的蛹，按蜂虫比 1∶1 接蜂。每个处理接蜂 30 管。分别统计螫刺率和平均上蜂前时间。

1.4.3　繁育温度对上蜂速度的影响：分别在 20℃、25℃和 30℃下按蜂虫比 1∶1 接蜂各 30 管，雌蜂及寄主的处理情况同 1.2 节，接蜂后观察上蜂速度并统计螫刺率。

1.5　母蜂护幼作用对寄生过程的影响

为证实雌蜂有护幼习性，设计以下实验：轻轻将 1 头已有幼虫寄生的黄粉甲蛹连同母蜂从饲养管内移出置于 1 张 A4 纸中央，观察母蜂受惊扰后离开寄主在纸上快速爬行的情况。并将其爬行轨迹用铅笔描出。设置 10 个重复。同时设置对照组，用未产过卵的雌蜂重复以上实验。观察它们之间的差异。

按蜂虫比 1∶1 接蜂 100 管，雌蜂及寄主的处理情况同 1.2 节。繁育条件同前述。待母蜂完成产卵后，取出 30 管并将母蜂移走，另取 30 管不移走母蜂作为对照。观察卵的孵化、幼虫取食及发育至蛹的情况。统计卵的孵化率和幼虫化蛹率。重点观察母蜂护幼作用对管氏肿腿蜂完成寄生过程的影响。

2　结果与分析

2.1　寄生行为

2.1.1　搜寻与识别寄主：初接入管内的雌蜂常停息在饲养管口的棉塞上，随即开始搜寻寄主。在搜寻过程中触角不停抖动，并用后足拍打管壁。当初次触碰到寄主时即用触角和前足拍打后离开，或在寄主体上迅速爬过。寄生蜂在寻找寄主的过程中，对寄主挥发性化学物质的感受主要是通过触角上的化学感受器来进行的（侯照远和严福顺，1997）。据此可认为该拍击行为是雌蜂对寄主物理性状的初步识别或确认，以判断是否适于其寄生。

2.1.2　螫刺：雌蜂经识别确认寄主后即在寄主体表上不停爬行并进行试探性螫刺。当寄主受螫刺时蛹体剧烈地翻滚试图摆脱进攻者，但雌蜂仍能紧抓住蛹体不放，其腹部末端转动以寻找蛹体的适宜部位并螫刺。观察发现，多数雌蜂喜在寄主腹节间处螫刺（图版Ⅰ：1）。当寄主被螫刺 1 h 后用镊子尖轻触蛹体，其腹部仅能微动；2 h 后再触及时蛹体已不动，说明此时黄粉甲蛹已被螫入的蜂毒完全麻痹。通常雌蜂需经多次螫刺后才能完全麻痹 1 头黄粉甲蛹。此过程可由 1 头蜂完成，也可由 2 头或多头共同完成。黄粉甲蛹被麻痹的速度与雌蜂螫入蜂毒量

大小可能有关。

2.1.3　清理与取食：雌蜂麻痹寄主后通常要停息片刻，然后在寄主体上爬行，仍用触角不停拍击，其上颚开合取食寄主体表分泌物（图版Ⅰ：2）。与寄生天牛类幼虫时不同，寄生天牛幼虫时雌蜂会用上颚刺破幼虫表皮，取食从刺孔流出的血淋巴（张卫光等，2004）。黄粉甲蛹体的血淋巴含量较之天牛类幼虫要少很多，这也许就是寄生天牛类幼虫时雌蜂的产卵量高于寄生黄粉甲蛹的一个重要原因。若黄粉甲蛹体上的分泌物稍大不适于取食时便用前足蹬走。如果有杂物粘在其足上，雌蜂则会离开寄主并在管壁上快速拍打直到甩掉杂物，然后又重新回到寄主体上取食。饱食后的雌蜂每隔几个小时会爬到管壁上排泄体内粪便。雌蜂在清理寄主体表的过程中，如果身体被污染则会进行自我清洁——用前足跗节清洁触角（图版Ⅰ：3），用口器清洁前足，用中足清洁后足，用后足清洁腹部。

2.1.4　产卵：雌蜂经取食补充营养后腹部膨大，腹部各节间膜延伸几呈透明状，表明此时卵巢已充分发育成熟并准备产卵。其产卵的大致过程为：雌蜂用触角和腹部末端拍打寄主，然后以中足为身体重心，腹部旋转似寻找合适的产卵部位；然后伸出产卵器前后滑动，在寄主体表涂抹粘液（图版Ⅰ：4），伸出螯刺以固定产卵位点后腹部不断重复伸缩动作，每伸缩1次，腹部末端便抬起1段；当卵将要产出时，腹部末端下落并用螯刺固定作为支点，背产卵瓣压住卵粒而身体前移，腹部拱起使卵粒慢慢产出（图版Ⅰ：5），让卵粒粘附在涂有粘液的寄主体表上；雌蜂通常产卵完毕稍做停息，接着补充食物，又开始寻找产卵部位，准备产下一粒卵。雌蜂每间隔约50 min产1粒卵，平均2天完成产卵过程。

雌蜂的产卵量变化较大，从几粒至几十粒不等，最多的可达91粒，平均每蜂产卵30粒。据统计，约60%的卵分布在寄主腹部腹面，24%的卵分布在寄主身体背前部。虽然卵在寄主体表的分布并不均匀，但总体看来，卵在蛹体上的分布比较合理，这与寄主为天牛类幼虫时的产卵情况相似（张卫光等，2004）。这种卵的分布有利于孵化后的幼虫能够充分地利用寄主营养，并利于幼虫正常发育而避免个体间的拥挤竞争（图版Ⅰ：6）。这显然是管氏肿腿蜂在进化过程中的一种良好适应。

2.1.5　护幼：在幼期发育阶段，雌蜂会经常用触角拍击卵和幼虫（图版Ⅰ：7），这个动作的意义应被解释为母蜂在探测并确认幼体是否在正常发育。证实雌蜂有护幼习性的实验结果表明，母蜂受惊扰后会离开寄主在纸上快速爬行。其爬行轨迹显示，该蜂多达28次到达纸张边缘而未离开纸张并最终又回到寄主体上。与此对照，如将未产过卵的雌蜂放在已有幼体寄生的寄主上，雌蜂则会立刻离开寄主，初次到达纸张边缘便爬向他处。以同样方法重复10次后的结果是：被移出饲养管后有50%的母蜂不离开已有幼虫寄生的寄主；有30%的母蜂会离开寄主但不离开纸张，并且会重新回到寄主上继续护幼；只有20%的母蜂会离纸而去。而对照组的（未产过卵）雌蜂则会全部离开了纸张。通过这个实验证明，未产过卵的雌蜂不具护幼行为，而产过卵后的母蜂则具有。

母蜂另一重要的护幼行为就是，能够将老熟幼虫从寄主上搬离至饲养管内的洁净处集中结茧化蛹。其大致过程为：母蜂用触角拍打幼虫，确认已完成幼虫期发育的老熟幼虫，然后用足抓住幼虫（图版Ⅰ：8），将其拖至预定位置（通常是饲养管的棉塞处）后让其吐丝结茧。母蜂如此不断地重复这一过程，直至将散落在寄主体上或周围的老熟幼虫都搬到预定位置形成一个聚集群体结茧（图版Ⅰ：9）。

2.2　螯刺对寄主的影响

经人工针刺过的黄粉甲蛹有近1/4的个体仍能发育至羽化，但大部分最终会腐烂，这表明病菌会通过机械伤口侵入蛹体将其致死。当蛹被雌蜂螯刺麻痹后其发育过程停滞，经蜂螯刺过的蛹在一定时间内其体内组织不腐烂，蛹体外观仍似刚孵化的蛹。由此推断蜂毒可能具有抗菌能力，能够使蛹的发育停滞而仍使其内部组织处于‘保鲜’状态（注：此‘保鲜’状态是指蛹体保持新鲜并且适合寄主寄生的状态）。据实验结果（表1），在26℃下，蜂螯刺、人工针刺和对照之间在‘保鲜’时间上存在显著差异，对照组的蛹有90%的个体只能‘保鲜”7.3天（注：对照组的蛹保鲜是指它保持原来状态不干瘪的时间），而经蜂螯刺的蛹有90%的个体能够‘保鲜”11.9天。这种‘保鲜’作用使得雌蜂有充足的时间完成食物的补充和在蛹体上产卵，利于蛹体为蜂的幼虫提供营养并充分满足幼虫发育等一系列寄生过程。

2.3　影响上蜂速度的因素分析

2.3.1　雌蜂交配情况和交配时间对上蜂速度的影响：雌蜂交配与否对上蜂速度的影响结果如下：交配的雌蜂螯刺率达91.7%，平均上蜂前时间为1.7天，上蜂速度快；未交配过的雌蜂螯刺率为16.7%，平均上蜂前时间为5.5天，上蜂速度慢。据观察管

氏肿腿蜂是多次交配的，因此需要让雌蜂有充分的交配时间。

表1　管氏肿腿蜂蜂毒对黄粉甲蛹的保鲜效果

Table 1　Effects of venom of *Scleroderma guani* on *Tenebrio molitor* pupae in keeping fresh

处理 Treatment	“保鲜”时间(d) Time of keeping fresh	90%寄主“保鲜” Time for 90% of hosts keeping fresh (d)	寄主羽化率 Eclosion rate (%)
蜂螫刺 Stinging of the female	12.6 ± 0.6 a	11.9 ± 0.4 a	0
人工针刺 Pining	10.2 ± 0.7 b	8.2 ± 0.7 b	23.3 ± 1.6 a
无螫刺和针刺(对照) No stinging and pining (CK)	8.8 ± 0.8 c	7.3 ± 0.2 b	66.7 ± 2.1 b

表中数据是平均值 ± 标准误，下同。同列数据后有不同字母表示差异显著($P<0.05$，新复极差检验)。The data in the table are mean ± SE, and the same below. The means followed by different letters differed significantly ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

2.3.2　寄主保藏状况对上蜂速度的影响：实验结果见表2和表3。以刚孵化的蛹(即为保藏0天的蛹)为寄主接蜂，与在20℃下放置了1、2和5天的蛹接蜂相比，其螫刺率分别高出约16.7%、50%和66.7%，平均上蜂时间也最短。在低温下因蛹的发育速率减缓，故能保存时间较长且表皮尚未完全变硬。在4℃下保藏1天后接蜂，螫刺率竟可达91.7%，平均上蜂速度仅为1.4天，比用初化蛹接蜂上蜂速度还快。经4℃下保藏5天接蜂，仍有一半寄主可被螫刺。

表2　不保藏和在20℃条件下保藏天数对上蜂情况的影响

Table 2　Effect of preserving for different days or not preserving on the time of stinging host

	化蛹后保藏时间 Preserving time after pupation (d)			
	0	1	2	5
螫刺率 Stinging rate(%)	75.0 ± 6.5	58.3 ± 9.7	25.0 ± 2.6	8.3 ± 1.6
平均上蜂前时间 The average time before stinging host (d)	1.7 ± 0.4	2.3 ± 0.6	3.7 ± 0.7	4.0 ± 0.9

表3　在4℃条件下保藏不同天数对上蜂情况的影响

Table 3　Effect of preserving for different days on the time of stinging host

	化蛹后保藏时间 Preserving time after pupation (d)			
	1	2	5	10
螫刺率 Stinging rate (%)	91.7 ± 10.8	66.7 ± 11.2	50.0 ± 9.8	25.0 ± 6.9
平均上蜂前时间 Average time before stinging host (d)	1.4 ± 0.3 a	2.1 ± 0.8 b	3.0 ± 0.9 c	2.0 ± 0.7 b

同行数据后有不同字母表示差异显著($P<0.05$，新复极差检验)。

The means followed by different letters differed significantly ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

2.3.3　繁育温度对上蜂速度的影响：实验结果如下，在不同温度下，接入的雌蜂个体间的上蜂速度和螫刺率表现出明显差异。温度在25℃以上时，蛹体表皮会较快地变硬使雌蜂螫刺困难，螫刺率变低。繁育温度较低时，雌蜂的活动迟缓，故使上蜂前时间延长，上蜂速度慢。在20℃、25℃、30℃条件下，螫刺率分别为41.7%、83.3%和33.3%，平均上蜂前时间分别为3.8、1.5和1.8天。综合各方面因素考虑，认为接蜂后在25℃下繁育较有利于雌蜂的寄生。如上蜂速度快，可在蛹的表皮硬化前即能完成识别确认、螫刺，以确保下一步的寄生行为能够开展，是寄生成功的关键。

2.4　母蜂护幼作用对寄生过程的影响

在子代蜂从卵至蛹的发育过程中，母蜂始终伴随其左右，对卵和幼虫起着保护其正常发育的作用。幼虫完成发育后母蜂还能将老熟幼虫搬离寄主使其群集结茧化蛹。实验证明，母蜂完成产卵后，如将其从寄主上移走，则会对寄生蜂幼虫期的发育产生不利的影响，孵化率和化蛹率分别比对照低16.1%和40.2%(图1)。说明母蜂护幼行为对子代幼虫期的

正常发育起着非常重要的作用。

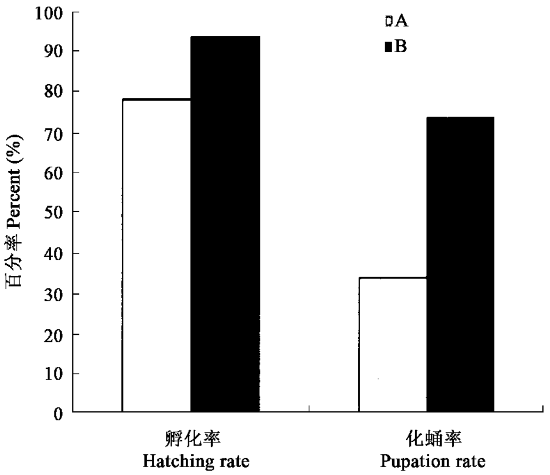


图 1 移走母蜂(A)和不移走母蜂(B)对卵孵化率和幼虫化蛹率的影响

Fig. 1 Effect of withdrawing the female (A) or not withdrawing the female (B) on hatching rate and pupation rate

3 讨论

在人工扩繁条件下管氏肿腿蜂对黄粉甲蛹的寄生行为包括搜寻、识别确认、螫刺、清理寄主、补充食物、产卵及护幼等一系列过程。这些寄生行为均与其寄生自然寄主如天牛类幼虫时的基本相近。不过在用中间寄主黄粉甲来扩繁时,管氏肿腿蜂补充营养是以取食寄主体表的分泌物为主,较少能够取食寄主的血淋巴。黄粉甲蛹不象天牛幼虫那样体内血淋巴含量丰富,因此对雌蜂补充营养极有利。认为这是利用中间寄主如黄粉甲蛹来扩繁时的繁育效果不如利用天牛幼虫效果好的主要原因。雌蜂取食的过程同时也是清理寄主的过程,因此该行为具有两重意义。雌蜂产在蛹体上的卵主要分布在其腹部腹面和身体背面的前部,分布较合理,这有利于幼虫有效利用寄主营养并避免个体间过度拥挤影响其正常发育。被雌蜂螫刺后的黄粉甲蛹发育停滞,在一定时间内蛹体的内部组织不腐烂亦不干化,说明其蜂毒具有麻痹寄主、抑制寄主发育的作用,还可能具有抗菌作用。据报道,莱氏棱角肿腿蜂 *Goniozus legner* 毒液具有阻碍神经和肌肉质膜阳离子通道的作用,使寄主停止发育和永久麻痹(Skinner *et al*.,1990)。说明这个类群的寄生蜂其蜂毒具有相似的作用。螫刺麻痹寄主的行为保证了卵的发育,也保证了幼虫能够取食新鲜食物而顺利完成发育。

上蜂速度的大小是蜂寄生成功与否的关键。上蜂快即蜂能迅速螫刺寄主,并使寄主在表皮尚未硬化前即被蜂毒麻痹,故能使寄主‘保鲜’时间长,这有利于雌蜂产卵和幼虫取食。上蜂速度和螫刺率表现出较大差异,两者的主要影响因素包括:雌蜂的交配情况、寄主状况和接蜂后的繁育温度。未交配过的雌蜂上蜂速度较慢,仅少数能螫刺也能产卵,但均为产雄孤雌生殖。寄主的状况对雌蜂是否螫刺亦影响较大,如寄主体表变硬、受污染或受伤则雌蜂不会去螫刺,即不能完成寄生过程。

雌蜂用触角拍击卵和幼虫的意义应被解释为母蜂在探测并确认幼体的安全。扫描电镜观察表明管氏肿腿蜂触角上存在 13 种感受器,且感器的种类、数量和分布在性别间存在差异,其中几种感受器只在雌蜂触角上存在(田慎鹏和徐志强,2003b)。搜寻及和识别确认寄主的行为可即一次可完成,也可能需多次进行才最终确认,所需时间从几分钟至几天不等。其识别确认机制涉及到的许多因素还有待于探索。实验表明,雌蜂对自己的子代具保护行为,即能够护卵和保护幼虫正常发育。推测母蜂在幼体发育期间与幼体一定有着紧密的化学信息联系,其机制有待探索。此外,随着幼虫体积增大,母蜂可将老熟幼虫搬离寄主以利于发育较晚的幼虫继续取食,这样可以最大限度地利用寄主营养。同时还可以避免幼虫群体因过度拥挤、湿度大和易受到病菌的侵染等原因而不能结茧化蛹。以往关于管氏肿腿蜂寄生行为的报道中均并未提到母蜂搬运幼虫集中结茧化蛹的行为。据作者对管氏肿腿蜂寄生青杨天牛 *Saperda populnea* Linnaeus 幼虫与蛹的行为的观察,以及在野外剖木检查寄生粗鞘双条杉天牛 *Semanotus sinoauster* Gressitt 幼虫的效果时,观察到由于受天牛蛀道的限制,老熟幼虫就在寄主残体上结茧化蛹,母蜂并不表现出这一行为。因此认为,在人工扩繁管氏肿腿蜂时,饲养管内的寄主的数量不能太多,需要在管内留出一定的空间让母蜂搬离老熟幼虫集中结茧化蛹,以提高寄生成功率。

参考文献(References)

Chen J, Cheng HZ, 2000. Advances in applied research on *Scleroderma* spp. *Chinese J. Biol. Control*, 16(14):166 – 170. [陈君,程惠珍,2000. 肿腿蜂的应用研究进展. 中国生物防治,16(4):166 – 170]

Hou ZY, Yan FS, 1997. Progress in the study on host selection behaviors of parasitic wasps. *Acta Entomologica Sinica*, 40 (1):94 – 107. [侯照远,严福顺,1997. 寄生蜂寄主选择行为的研究进展. 昆虫学报,40(1):94 – 107]

Skinner WS，Dennis PA，Quistad GB，1990. Partial characterization of toxins from *Goniozus legneri*（Hymenoptera：Bethylidae）. *J. Econ. Entomol.*，83（3）：733－736.

Tian SP，Xu ZQ，2003. Effects of different temperatures on the development of *Scleroderma guani* reared with *Tenebrio molitor*. *Entomological Knowledge*，40（4）：356－359.［田慎鹏，徐志强，2003. 不同温度条件对利用黄粉甲繁育管氏肿腿蜂的影响. 昆虫知识，40（4）：356－359］

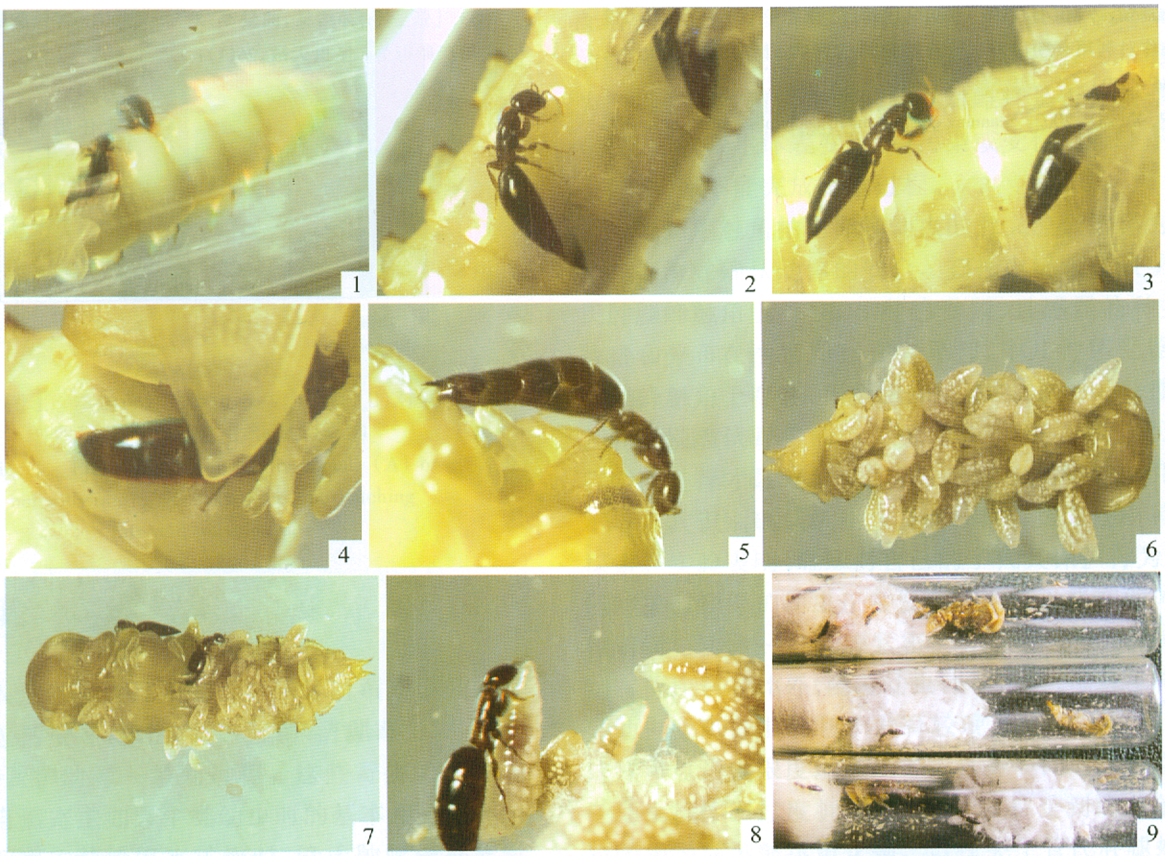
Tian SP，Xu ZQ，2003. Scanning electron microscopic observation of sensilla on the antenna of *Scleroderma guani*. *Entomological Knowledge*，40（1）：59－62.［田慎鹏，徐志强，2003. 管氏肿腿蜂的触角感器的扫描电镜观察. 昆虫知识，40（1）：59－62］

Zhang WG，Sun XG，Qu AJ，Liu YL，2004. The oviposition behaviour of *Scleroderma guani* Xiao *et* Wu. *Natural Enemies of Insect*，26（1）：28－33.［张卫光，孙绪艮，曲爱军，刘亚利，2004. 管氏肿腿蜂的寄生与产卵行为. 昆虫天敌，26（1）：28－33］

（责任编辑：袁德成）

贺　凯等：管氏肿腿蜂对黄粉甲的寄生行为　　图版 I

HE Kai *et al*.: The parasitizing behavior of *Scleroderma guani* wasps on *Tenebrio molitor* pupae　　Plate I



1. 螫刺 Stinging; 2. 取食与清理寄主 Feeding and clearing host; 3. 清洁触角 Cleaning antennae; 4. 涂抹粘液 Daubing slime; 5. 产卵 Laying eggs; 6. 幼虫取食寄主 Larva feeding host; 7. 保护幼虫 Protecting protelean; 8. 母蜂将幼虫搬离寄主 Removing larvae from the host; 9. 老熟幼虫集中结茧化蛹 Mustering old larvae.